

模糊集理论在造船企业库存控制优化中的应用

向子权,杨家其,向祖权,康熙沛

(武汉理工大学 交通与物流工程学院,湖北 武汉 430063)

[摘要]针对造船企业库存控制中的不确定问题,构建了模糊数学库存模型并优化求解。首先,根据模糊集相关理论,确定库存管理中模糊参数及给出模糊运算表达式。然后,依据造船企业库存管理情况,建立了不允许缺货条件下的多模糊参数的模糊数学库存模型。最后,通过对造船企业机电物资进行实例分析,模糊数学库存模型计算的库存成本比实际库存成本大幅度减少,表明了模糊数学库存模型的实用性。实例结果表明:多模糊参数的模糊数学库存模型能有效解决造船企业库存控制不确定性问题,进而优化库存管理,具有很大的应用价值与现实意义。

[关键词]模糊集理论;造船企业;库存管理;库存控制

[中图分类号]F512.4

[文献标识码]A

[文章编号]1005-152X(2021)11-0040-04

Application of Fuzzy Set Theory in Optimization of Inventory Control of Shipbuilding Enterprises

XIANG Ziquan, YANG Jiaqi, XIANG Zuquan, KANG Xipei

(School of Transportation & Logistics Engineering, Wuhan University of Technology, Wuhan 430063, China)

Abstract: Aiming at the uncertainty in the inventory control of shipbuilding enterprises, the paper constructed and optimized a fuzzy mathematical inventory model. Firstly, according to the fuzzy set theory, the fuzzy parameters in inventory management were determined and the expression of fuzzy operation was given. Then, based on the inventory management situation of the shipbuilding enterprise, the fuzzy mathematical inventory model with multiple fuzzy parameters was given where stock shortage was prohibited. Finally, through an empirical analysis of the mechanical and electrical materials of the shipbuilding enterprise, it was found that the inventory cost calculated through the fuzzy mathematical inventory model was much less than the actual inventory cost, which showed the practicality of the model. The result showed that the fuzzy mathematical inventory model with multiple fuzzy parameters could effectively eliminate the uncertainty problem in the inventory control of shipbuilding enterprises and optimize their inventory management, giving it great application value and practical significance.

Keywords: fuzzy set theory; shipbuilding enterprise; inventory management; inventory control

0 引言

在造船企业的管理成本中,所需物资成本一般超过生产总成本的60%。对造船企业而言,物流大多以生产为中心而展开,但是造船企业的生产流程繁杂且不确定因素多,采购部门采购物资时难以精确把握,库存部门不易管理库存,因而造船企业库存一直居高不下。目前造船企业库存管理主要存在两个问题:一是物料仓库利用率问题。物料仓库空间有限,物资存储时间较长导致物资严重积压,使得仓

库的利用率不高,很难满足现有生产及将来扩大生产的需要。二是库存部门存储成本问题。物资积压占用大量流动资金,不仅造船企业的存储成本要增加,抵御风险能力、适应市场能力以及企业的经营效益都要随之下降。若造船企业能最大化地降低库存,最快速地周转物料(零库存),则管理成本就能得到极大降低,占用的流动资金也将大量减少,利润会大幅度提高。所以,造船企业重视物资库存管理,其对于缩短物资周转时间,提升流动资金利用率等意义重大。

[收稿日期]2021-06-20

[基金项目]工信部高技术船舶科研项目(工信部联装[2018]35号);国家自然科学基金资助项目(51809203,51779200)

[作者简介]向子权(1983-),男,博士研究生,研究方向:物流管理及优化、数值分析。

但是,在诸多情形下,因为造船企业库存控制缺少充足信息,加之生产过程繁杂且易变动,用概率理论不易准确预测需求数量,只能对可能的需求变化有一个模糊理解。因此,有学者尝试采用模糊数学方法来描述需求。因模糊集理论能较好地处理不确定性问题,已广泛应用在库存控制管理中。Kacprzyk^[1]和Park^[2]首次在库存管理中引进模糊数学,将库存成本当成模糊数解析经济订货批量模型。叶银芳^[3]针对需求不确定的多销售商企业联合订购同种产品的库存管理问题,建立了允许缺货的联合订货EOQ模型。袁国强^[4]针对不确定信息下的生产库存管理系统中的利润问题,提出了一个新的模糊VaR优化方法。Mahuya Deb和Prabjot Kaur^[5]针对库存控制决策支持系统,为控制生产和供应,构建了神经模糊系统(NFS)。Wenfang YU^[6]针对供应链管理中的库存居高不下问题,运用蚁群算法及模糊模型基本思想,提出了一种更加系统和改进的供应链库存优化模型。Zhan zhong^[7]针对单个供应商及多个零售商组成的供应链库存成本问题,建立了一个双目标供应商管理模糊库存模型。Javad Sadeghi^[8]研究了一个双目标供应商管理库存(BOVMI)模型,用于求解单一供应商和多个零售商的供应链问题,其中需求是模糊的,使用梯形模糊数(TRFN)表示模糊需求,采用几何重心法去模糊化。Chandra K和Jaggi^[9]建立了一个具有斜坡型需求函数的变质物品模糊库存模型,通过最小化库存系统的总成本来确定最优的补货策略。利用三角模糊数在传统成本构成中引入一定程度的模糊性,并采用符号距离法对总成本函数进行解模糊。

综上所述,对不确定环境下呈现的各种可能性,模糊数学均能较好地表达库存控制问题,但是造船企业库存管理有其独特性,基于此,在不确定环境下采用模糊集理论探讨造船企业库存控制问题,建立模糊参数库存模型并优化求解。

1 模糊集理论

1.1 模糊集数学表达式

在造船企业库存管理过程中,所需物资数量巨

大、物资品种繁多,加之库存管理复杂、时空差异大、机器障碍、订单撤销等一系列不确定因素都会增加不确定条件下的模糊性。造船企业在年底预测下一年需求时,这种情况更为突出。譬如对某物资预测数量为200件左右,200就是一个模糊数,其可能是190,也可能是210,最小为150,最大为250,取值范围可用区间 $[150, 250]$ 表示。此时是模糊需求,取值区间便是一个模糊集,可用符号 D 表示。任取模糊集中的一个数值,其皆有可能为未来的实际需求,但可信程度并不一样,中间的可能性要大些,两端的可能性要小些。为便于阐明可能性大小,先建立一个映射,令 $\varphi_x: D \rightarrow [0, 1]$,其中, $x \in [L, U] = D (L < U)$, $\varphi_x \in [0, 1]$ 。取 D 中任一数值,在 $[0, 1]$ 中都有唯一数相对应,则 $D \rightarrow [0, 1]$ 确定了 D 的模糊子集 φ_x , φ_x 称为 D 的隶属函数,或者 D 对 φ_x 的隶属度。如果 $\varphi_x = 0.8$,表明可能性为80%, $\varphi_x = 0.5$,则表明可能性为50%。在研究库存控制优化问题时,通常采用梯形分布表示隶属函数,梯形分布分为三种:偏小型、偏大型和中间型,本文采用中间型,其隶属函数表达式如下:

$$\varphi_x = \begin{cases} 0, & x < a \\ (x-a)/(b-a), & a \leq x < b \\ 1, & b \leq x < c \\ (d-x)/(d-c), & c \leq x < d \\ 0, & x \geq d \end{cases}$$

其图像如图1所示。

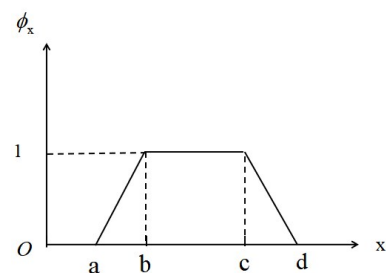


图1 梯形分布隶属函数图像

确定了模糊数 $D = [a, b, c, d]$ 的表达形式之后,若比较模糊数大小,就应当进行解模糊,即明确模糊数的序。本文选取梯级平均综合表示法(graded-mean integration representation)解模糊^[10],若梯形模糊

数为 $D=[a,b,c,d]$, 则依据此方法解模糊值可表示为:

$$P(x) = \int_0^1 h \left[\frac{a+d+(b-a-d+c)}{2} \right] dh / \int_0^1 h dh \quad (1)$$

$$= (a+2b+2c+d)/6$$

其中 h 表示任意水平隶属度, 其取值范围为 $h \in (0, 1]$ 。

1.2 模糊运算法则

梯形模糊数可进行加减乘除运算。令梯形模糊数 $D_1=[x_1, x_2, x_3, x_4]$, $D_2=[y_1, y_2, y_3, y_4]$, 其模糊数的运算法则如下:

(1) 模糊加法: $D_1 + D_2 = [x_1 + y_1, x_2 + y_2, x_3 + y_3, x_4 + y_4]$;

(2) 模糊乘法: $D_1 \times D_2 = [c_1, c_2, c_3, c_4]$, 其中 $c_1 = \text{Min}\{x_i y_j\} (i, j = 1, 4)$, $c_2 = \text{Min}\{x_i y_j\} (i, j = 2, 3)$, $c_3 = \text{Max}\{x_i y_j\} (i, j = 2, 3)$, $c_4 = \text{Max}\{x_i y_j\} (i, j = 1, 4)$, 当 $x_i \geq 0, y_j \geq 0, i, j \in \{1, 2, 3, 4\}$ 时, 乘法运算可变更为 $D_1 \times D_2 = [x_1 y_1, x_2 y_2, x_3 y_3, x_4 y_4]$;

(3) 模糊减法: $D_1 - D_2 = [x_1 - y_4, x_2 - y_3, x_3 - y_2, x_4 - y_1]$;

(4) 模糊除法: $D_1 / D_2 = [d_1, d_2, d_3, d_4]$, 其中 $d_1 = \text{Min}\{x_i / y_j\} (i, j = 1, 4)$, $d_2 = \text{Min}\{x_i / y_j\} (i, j = 2, 3)$, $d_3 = \text{Max}\{x_i / y_j\} (i, j = 2, 3)$, $d_4 = \text{Max}\{x_i / y_j\} (i, j = 1, 4)$ 。当 $x_i \geq 0, y_j \geq 0, i, j \in \{1, 2, 3, 4\}$ 时, 除法运算可变更为 $D_1 / D_2 = [x_1 / y_4, x_2 / y_3, x_3 / y_2, x_4 / y_1]$;

(5) 令 $\alpha \in \mathbb{R}$, 当 $\alpha \geq 0$ 时, $\alpha \times D = [\alpha x_1, \alpha x_2, \alpha x_3, \alpha x_4]$; 当 $\alpha < 0$ 时, $\alpha \times D = [\alpha x_4, \alpha x_3, \alpha x_2, \alpha x_1]$ 。

2 造船企业库存控制优化模型

2.1 问题提出

以造船企业机电物资库存管理为例, 经调研发现造船企业机电物资资金占用在1万元以下的物资数量最多, 占机电物资总数量的90%以上。该物资通常包括自制件、船舶用标准件或在国内供应商购

买的常用零部件。此类物资采购较为容易, 但是物资需求量大, 而且需求数量不平稳, 是一个模糊数, 同时假定订货费用及保管费用也是模糊数。本文探讨在需求数量、订货费用及保管费用均不确定的情形下, 运用模糊集理论建立多模糊数学库存模型, 从而优化造船企业机电物资库存控制问题。

作出如下假设:

- (1) 订单瞬间到达, 补充库存;
- (2) 消耗情况均与机电物资数量成正比。

2.2 多模糊库存模型建立及优化求解

针对造船企业机电物资库存问题, 约定以下符号:

D : 表示库存需要的机电产品数量, 即 $D = [d_1, d_2, d_3, d_4]$ 。

C^o : 表示机电物资单位订货成本, 即 $C^o = [c_1^o, c_2^o, c_3^o, c_4^o]$ 。

C^h : 表示机电物资单位保管成本, 即 $C^h = [c_1^h, c_2^h, c_3^h, c_4^h]$ 。

Q : 表示订货量, 一般为确定值。

M : 表示每次运输费用, 一般为确定值。

综上所述, 库存总成本费用包含三项费用: 订货费用、保管费用和运输费用, 即:

$$C = C^o D / Q + C^h Q / 2 + MD / Q \quad (2)$$

其中, 首项是订货费用, 即单位订货成本 C^o 乘以订货次数 D/Q 的积; 中间项是保管费用, 即单位保管成本 C^h 乘以平均库存水平 $Q/2$ 的积, 本文采用 $Q/2$ 来表示平均库存水平; 末项是运输费用, 即每次运输费用 M 乘以订货次数 D/Q 的积。

将上述各参数代入式(2)中并运用模糊运算法则, 得总库存费用:

$$C = \left[\frac{c_1^o d_1}{Q} + \frac{c_1^h Q}{2} + \frac{M d_1}{Q}, \frac{c_2^o d_2}{Q} + \frac{c_2^h Q}{2} + \frac{M d_2}{Q}, \frac{c_3^o d_3}{Q} + \frac{c_3^h Q}{2} + \frac{M d_3}{Q}, \frac{c_4^o d_4}{Q} + \frac{c_4^h Q}{2} + \frac{M d_4}{Q} \right] \quad (3)$$

依据式(1)对式(3)进行解模糊, 可以得到:

$$P(C) = \frac{1}{6} \left[\frac{c_1^o d_1}{Q} + \frac{c_1^h Q}{2} + \frac{M d_1}{Q} + 2 \left(\frac{c_2^o d_2}{Q} + \frac{c_2^h Q}{2} + \frac{M d_2}{Q} \right) + 2 \left(\frac{c_3^o d_3}{Q} + \frac{c_3^h Q}{2} + \frac{M d_3}{Q} \right) + \frac{c_4^o d_4}{Q} + \frac{c_4^h Q}{2} + \frac{M d_4}{Q} \right] \quad (4)$$

要在总费用最小的前提下,确定最优经济订货批量 Q^* 。令 $\frac{\partial P(C)}{\partial Q} = 0$, 解之,可得到 Q^* , 即:

$$Q^* = \left[\frac{2(c_1^o d_1 + 2c_2^o d_2 + 2c_3^o d_3 + c_4^o d_4) + 2M(d_1 + 2d_2 + 2d_3 + d_4)}{c_1^h + 2c_2^h + 2c_3^h + c_4^h} \right]^{1/2} \quad (5)$$

3 实例分析

为验证多模糊参数库存模型的可行性,依据某造船企业机电物资入库及出库数据进行验证。因占用资金超过1万元的机电物资需求量比较固定,因此重点考虑资金占用在1万元以下的机电物资。经调研发现,这些机电物资存放时间较长,且物资采购批量大,物资采购与生产部门需求不一致,导致积压大量库存。其从2019年1月1日到2019年10月31日,入库数量为5 010件,出库数量(生产上的需求数量)为4 325件。假定一次性采购完毕,每次订货费用约280元/次,单位保管费用约10元/月,运输成本为一确定值,取860元/次。

因此可算出该造船企业实际费用开支如下:订购费:280(元);平均库存量:5 010/2=2 505(件);保管费:2 505 × 10=25 050(元);运输费:860(元);总费用:280+25 050+860=26 190(元)。

应用模糊数学库存模型进行优化并求解。依据2018年底生产部门合理预测, $M=860$, 可令:

$$D = [4 200, 4 300, 4 350, 4 600]$$

$$C^o = [270, 275, 285, 290]$$

$$C^h = [9, 9.5, 10.5, 11]$$

将其代入式(5),得到 $Q^* \approx 996$, 即最佳经济订货批量为996件。此时优化后的费用如下:采购次数:4 325 ÷ 996 ≈ 4.34(次),取整后的次数为5次;订购费:280 × 5=1 400(元);保管费:996/2 × 10=4 980(元);运输费:860 × 5=4310(元);总费用:1 400+4 980+4 310=10 690(元)。

优化后的模糊库存模型计算的总费用比实际费用低26 190-10 690=15 500(元),虽然订购费用和运输费用增加,但是库存保管费用大幅度下降,从25 050元降至4 980元,下降幅度达80.12%,库存总费用从26 190元降至10 690元,下降幅度达59.18%。

若需求数量是模糊的,单位订购费用及单位保管费用是确定的,即 $D=[4 200, 4 300, 4 350, 4 600]$, $C^o=280$, $C^h=10$, $M=860$, 代入式(5),可得到 $Q^* \approx 995$ 。

若全部条件皆为确定值,即 $D=4 325$, $C^o=280$, $C^h=10$, $M=860$, 代入式(5),可得到 $Q^* \approx 993$ 。结果表明任一模糊参数变更,都会影响最佳经济批量。

4 结语

由于造船企业的复杂性和多变性,本文运用数学模糊集理论来处理库存管理,以机电物资为例,构建了梯形模糊库存模型,研究了在每次运输成本确定时,模糊环境下的需求数量、单位订购成本及单位保管成本下的订货批量问题。本文研究的是多模糊参数的造船企业库存控制问题,某一参数若条件足够充分可明确其值,则该参数此时就是一个确定值。若所有条件足够充分则全部参数都属于确定值,此时变成了确定条件下的订货批量问题。虽然造船企业库存控制实际环境模糊,但最终给出的是确定的最优决策。实例计算结果表明,应用梯形模糊集数学理论来解决造船企业库存管理问题合理可行,能有效控制资金及减少库存费用。

[参考文献]

- [1] KACPRYZK J, STANIEWSKI P. Long term inventory policy-making through fuzzy decision-making models[J]. Fuzzy Sets and Systems, 1982, 8: 117-132.
- [2] PARK K S. Fuzzy set theoretic interpretation of economic order quantity[J]. IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics, 1987(SMC-17): 1 082-1 084.
- [3] 叶银芳, 李登峰, 余高锋. 需求为三角模糊数的联合订货模型及其成本分摊方法[J]. 系统科学与数学, 2019, 39(7): 1 142-1 158.

(下转第101页)